

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 725 169 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.08.1996 Patentblatt 1996/32

(51) Int. Cl.⁶: **C30B 15/14**

(21) Anmeldenummer: 96101379.4

(22) Anmeldetag: 01.02.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB IT

(30) Priorität: 02.02.1995 DE 19503357

(71) Anmelder: Wacker Siltronic
Gesellschaft für Halbleitermaterialien
Aktiengesellschaft
84489 Burghausen (DE)

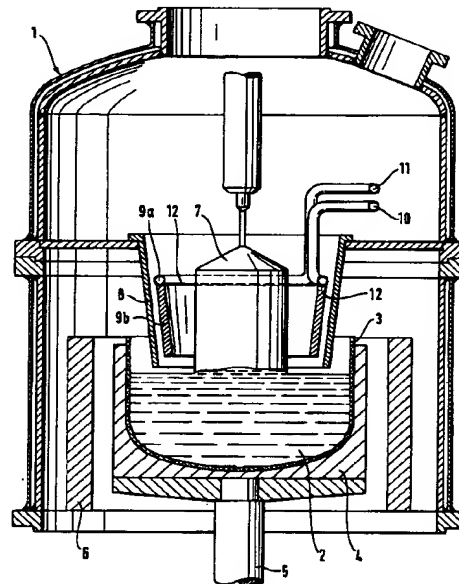
(72) Erfinder:
• von Ammon, Wilfried, Dr.
D-84489 Burghausen (DE)

• Dornberger, Erich
D-84489 Burghausen (DE)
• Weidner, Herbert
D-84533 Halmling (DE)
• Pardubitzki, Alfred
D-84489 Burghausen (DE)

(74) Vertreter: Rimböck, Karl-Heinz, Dr. et al
c/o Wacker-Chemie GmbH
Zentralabteilung PML
Hans-Siedel-Platz 4
81737 München (DE)

(54) Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls

(57) Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der Czochralski-Methode. Die Vorrichtung ist gekennzeichnet durch eine, den wachsenden Einkristall kühlende Kühlvorrichtung, die zweiteilig ausgeführt ist. Der erste, obere Teil umfaßt ein Kanalsystem, durch das ein flüssiges Kühlmittel strömt. Der zweite, untere Teil ist als wärmeleitender Kühlkörper ausgebildet.



EP 0 725 169 A1

B schreibung

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der Czochralski-Methode. Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise in der Patentschrift US-5,316,742 beschrieben. Sie weist einen Tiegel auf, der mit schmelzflüssigem Halbleitermaterial gefüllt ist. Aus der Schmelze wird nach Eintauchen eines Impfkristalls ein stabförmiger Einkristall gezogen. Der Tiegel ruht auf einer axial heb- und senkbaren Welle, die während des Ziehens des Einkristalls angehoben wird. Durch diese Bewegung wird erreicht, daß die axiale Lage der Oberfläche der Schmelze unverändert bleibt, obwohl sich das Schmelzenvolumen infolge des Kristallwachstums ständig verringert. Ein wichtiges Merkmal einer Vorrichtung der genannten Art ist ein Hitzeschild, der den wachsenden Einkristall vor Wärmestrahlung abschirmt, die hauptsächlich von den Tiegelnwänden und einer seitlich um den Tiegel angeordneten Strahlungsheizung abgestrahlt wird. Der coaxial zum Einkristall gehaltene Hitzeschild reicht nahe an die Schmelzenoberfläche heran und bewirkt im Bereich der Kristallisationsfront des Einkristalls einen steilen axialen Temperaturgradienten. Der Temperaturgradient ist gekennzeichnet durch eine stark fallende Temperatur zwischen der Kristallisationsfront und der festen Einkristallphase und wesentlich dafür verantwortlich, daß der Einkristall mit einer hohen Geschwindigkeit gezogen werden kann. Ist zusätzlich zum Hitzeschild eine Kühlvorrichtung vorgesehen, die eine Kühlung des wachsenden Einkristalls bewirkt, lassen sich besonders hohe Ziehgeschwindigkeiten erreichen. Bekannte Kühlvorrichtungen bestehen aus einem Kanalsystem, das den Einkristall umgibt und von einem flüssigen Kühlmittel durchströmt wird. Ausführungsformen, bei denen die Kühlvorrichtung bis nahe an die Oberfläche der Schmelze herangeführt ist, bergen allerdings ein hohes Sicherheitsrisiko. Ein Fehler oder das Versagen der Steuerung des Tiegelhubs kann dazu führen, daß die Kühlvorrichtung teilweise in die Schmelze taucht, zerstört wird, wobei Kühlmittel austritt und in die heiße Schmelze gelangt. Die Auswirkungen eines solchen, nicht auszuschließenden Unfalls lassen sich nur durch umfangreiche und teure sicherheitstechnische Maßnahmen auf ein vertretbares Maß begrenzen. Durch Ausführungsformen, bei denen die Kühlvorrichtung selbst bei maximalem Tiegelhubb nicht in die Schmelze tauchen kann, wird das geschilderte Sicherheitsrisiko zwar vermieden. Doch bleibt der Abstand der Kühlvorrichtung zur Oberfläche der Schmelze vergleichsweise groß und der Einfluß der Kühlung auf den axialen Temperaturgradienten im Bereich der Kristallisationsfront gering.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Kühlvorrichtung anzugeben, die ein hohes Maß an Sicherheit gewährleistet und dennoch einen steilen axialen Temperaturgradienten im Bereich der Kristallisationsfront des Einkristalls bewirkt.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der Czochralski-Methode, mit mindestens einem, den wachsenden Einkristall abschirmenden Hitzeschild und einer, den wachsenden Einkristall kühlenden Kühlvorrichtung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Kühlvorrichtung zweiteilig ausgeführt ist, wobei der erste, obere Teil ein Kanalsystem umfaßt, durch das ein flüssiges Kühlmittel strömt, und der zweite, untere Teil als gut wärmeleitender Kühlkörper ausgebildet ist.

Das Kanalsystem besteht beispielsweise aus mindestens einem ringförmigen oder spiralen- oder mäanderförmig gewendelten Kühlrohr, durch das ein flüssiges Kühlmittel strömt. Bevorzugtes Kühlmittel ist Wasser, da es ausgezeichnete Kühleigenschaften besitzt und gut verfügbar ist. Der Kanal des Kanalsystems, der den geringsten Abstand zur Oberfläche der Schmelze aufweist, muß von der Oberfläche der Schmelze mindestens so weit entfernt sein, daß er die Schmelze nicht berührt, wenn der mit der Schmelze gefüllte Tiegel auf die erreichbare Maximalhöhe angehoben ist. Um dennoch die vom Kanalsystem erzeugte Kühlleistung zur Erhöhung des Temperaturgradienten im Bereich der Kristallisationsfront des Einkristalls optimal nutzen zu können, besteht der untere Teil der Kühlvorrichtung aus einem gut wärmeleitenden Kühlkörper. Kanalsystem und Kühlkörper bilden eine coaxial zum Einkristall gehaltene und diesen umgebende, funktionale Einheit, die nahe an die Oberfläche der Schmelze und nahe an die Kristallisationsfront des wachsenden Einkristalls heranreicht. Der Abstand zwischen dem unteren Rand des Kühlkörpers und der Oberfläche der Schmelze beträgt vorzugsweise 10 bis 150 mm, besonders bevorzugt 20 bis 50 mm. Der Abstand liegt im Bereich des Abstandes, den der untere Rand des Hitzeschildes zur Oberfläche der Schmelze aufweist und der 5 bis 100 mm, bevorzugt 10 bis 20 mm beträgt. Vorzugsweise wird der Durchmesser des Kühlkörpers in Schmelzenrichtung kleiner. Der Abstand zwischen dem unteren Rand des Kühlkörpers und der Kristallisationsfront beträgt bevorzugt 25 bis 60 mm.

Der Kühlkörper muß aus einem gut wärmeleitfähigem Material bestehen, wobei dieses Material weder die Schmelze, noch den Einkristall verunreinigen darf. Die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Materials sollte mindestens der von Kupfer entsprechen. In der bevorzugten Ausführungsform ist der Kühlkörper aus Silber gefertigt oder zumindest mit Silber beschichtet. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, daß die zum Einkristall gerichtete Innenseite des Kühlkörpers geschwärzt ist, so daß auftreffende Wärmestrahlung absorbiert wird. Die zum Hitzeschild weisende Außenseite des Kühlkörpers ist vorzugsweise so beschaffen, daß auftreffende Wärmestrahlung reflektiert wird. Dies kann beispielsweise durch Hochglanzpolieren dieser Seite oder durch Beschichten dieser Seite mit einer Goldauflage erreicht werden.

Zwischen dem Kanalsystem und dem Kühlkörper muß eine weitgehend ungehinderte Wärmeleitung

gewährleistet sein. Diese Bedingung ist beispielsweise erfüllt, wenn die Kühlvorrichtung aus einem Stück gefertigt ist. Es genügt jedoch, wenn sich Kanalsystem und Kühlkörper flächenhaft berühren und der Kühlkörper am Kanalsystem befestigt ist. Als Befestigungsmittel kommen beispielsweise Schrauben, Nieten, Klammern und gelötete oder geschweißte Verbindungen in Betracht. Besonders bevorzugt ist eine temperaturabhängig lösbare Befestigung, die sich bei einer bestimmten Temperatur, beispielsweise der Siedetemperatur des Kühlmittels, selbstständig löst. Dazu eignet sich zum Beispiel die Befestigung durch ein bei der entsprechenden Temperatur schmelzendes Lot. Sobald der Kühlkörper der Kühlvorrichtung wegen einer Fehlsteuerung des Tiegelhubs in die Schmelze eintaucht, wird das Lot so stark erwärmt, daß es schmilzt. Daraufhin löst sich die Befestigung und der Kühlkörper wird wegen seines Eigengewichts in die Schmelze fallen. Eine weitere, gefährliche Erwärmung des Kanalsystems der Kühlvorrichtung ist danach wegen der unterbrochenen Wärmeleitung nicht mehr möglich. Die sich in Abhängigkeit von der Temperatur automatisch lösende Befestigung der Kühlkörpers ist jedoch nicht zwingend notwendig. Denn auch ohne eine solche Befestigung bleibt im geschilderten Krisenfall genügend Zeit, um Gegenmaßnahmen treffen zu können, bevor der mit dem Kanalsystem ausgestattete Teil der Kühlvorrichtung durch Wärmeleitung auf eine kritische Temperatur aufgeheizt wird.

Die Kühlvorrichtung kann ortsfest oder axial hebbbar gelagert sein. Letzteres ist beispielsweise von Vorteil, wenn zu Beginn der Einkristallherstellung das im Tiegel bereitliegende Halbleitermaterial geschmolzen werden muß und die für diesen Vorgang nicht benötigte Kühlvorrichtung kurzfristig aus der Aufheizzone entfernt werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand der Figur näher erläutert. Sie zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung im Längsschnitt. Es sind nur die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Vorrichtungsmerkmale dargestellt.

Die Figur zeigt einen mit Inertgas spülbaren Rezipienten 1, der einen mit schmelzflüssigem Halbleitermaterial 2 gefüllten Tiegel 3 beherbergt. Der Tiegel 3 und ihn stützende Elemente 4 werden von einer drehbaren und axial beweglichen Welle 5 getragen. Seitlich des Tiegels 3 befinden sich Heizelemente 6, die zum Schmelzen des Halbleitermaterials eingesetzt werden. Der stabförmige Einkristall 7, der aus der Schmelze 2 gezogen wird, ist von einem Hitzeschild 8 umgeben. Der Hitzeschild 8 besteht aus einem Rohr, das coaxial zum Einkristall angeordnet ist und bis nahe an die Oberfläche der Schmelze heranreicht. Bevorzugt ist, daß der Durchmesser des Hitzeschildes in Schmelzenrichtung abnimmt und der Hitzeschild beispielsweise eine konusförmige Gestalt aufweist. Erfindungsgemäß ist eine zweiteilige Kühlvorrichtung 9a,b zur Kühlung des Einkristalls vorgesehen. Den oberen Teil der Kühlvorrichtung bildet das Kanalsystem 9a, das von einem

flüssigen Kühlmittel durchströmt wird. Das Kühlmittel tritt durch den Zulauf 10 in das Kanalsystem 9a ein und verläßt es wieder durch den Rücklauf 11. In der Figur ist das Kanalsystem als ein den Einkristall ringförmig umgebendes Kühlrohr dargestellt. Der Abstand des Kühlrohrs 9a von der Oberfläche der Schmelze ist groß genug gewählt, daß das Kühlrohr selbst dann oberhalb der Schmelze verbleibt, wenn der Tiegel mit schmelzflüssigem Halbleitermaterial voll gefüllt und maximal angehoben ist. Der Kühlkörper 9b ist aus einem hitzebeständigen, gut wärmeleitenden Feststoff gefertigt. Er bildet den unteren, bis nahe an die Oberfläche der Schmelze weisenden Teil der Kühlvorrichtung. Der Kühlkörper 9b ist wie der Hitzeschild als Rohr ausgebildet, coaxial zum Einkristall angeordnet und weist bevorzugt einen in Schmelzenrichtung verjüngten Durchmesser auf. Das Kanalsystem 9a und der Kühlkörper 9b haben einen flächenhaften Kontakt zueinander und sind durch Befestigungsmittel 12 verbunden.

Da es durch die Erfindung ausgeschlossen ist, daß ein Kanal, durch den flüssiges Kühlmittel fließt, mit der Schmelze in Berührung kommt und Kühlmittel austritt, kann auf aufwendige sicherheitstechnische Vorrichtungsmerkmale verzichtet werden, die vorgesehen werden müßten, um auf eine derartige Störung vorbereitet zu sein. Darüber hinaus gewährleistet die Erfindung eine ebenso effektive Kühlung des wachsenden Einkristalls wie bekannte, aber ein hohes Betriebsrisiko bergende Lösungen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der Czochralski-Methode, mit mindestens einem, den wachsenden Einkristall abschirmenden Hitzeschild und einer, den wachsenden Einkristall kühlenden Kühlvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlvorrichtung zweiteilig ausgeführt ist, wobei der erste, obere Teil ein Kanalsystem umfaßt, durch das ein flüssiges Kühlmittel strömt, und der zweite, untere Teil als gut wärmeleitender Kühlkörper ausgebildet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Teil der Kühlvorrichtung am oberen Teil durch eine niedrig schmelzende Lotverbindung befestigt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmittel Wasser ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Teil der Kühlvorrichtung ein aus Silber gefertigter Kühlkörper oder ein mit Silber beschichteter Kühlkörper ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen dem unteren Rand des Kühlkörpers und der

Kristallisationsfront des Einkristalls 25 bis 60 mm beträgt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zum Einkristall gerichtete Innenseite des Kühlkörpers eine Wärmestrahlung absorbierende und die ihr gegenüberliegende Außenseite eine Wärmestrahlung reflektierende Oberfläche aufweist.

10

15

20

25

30

35

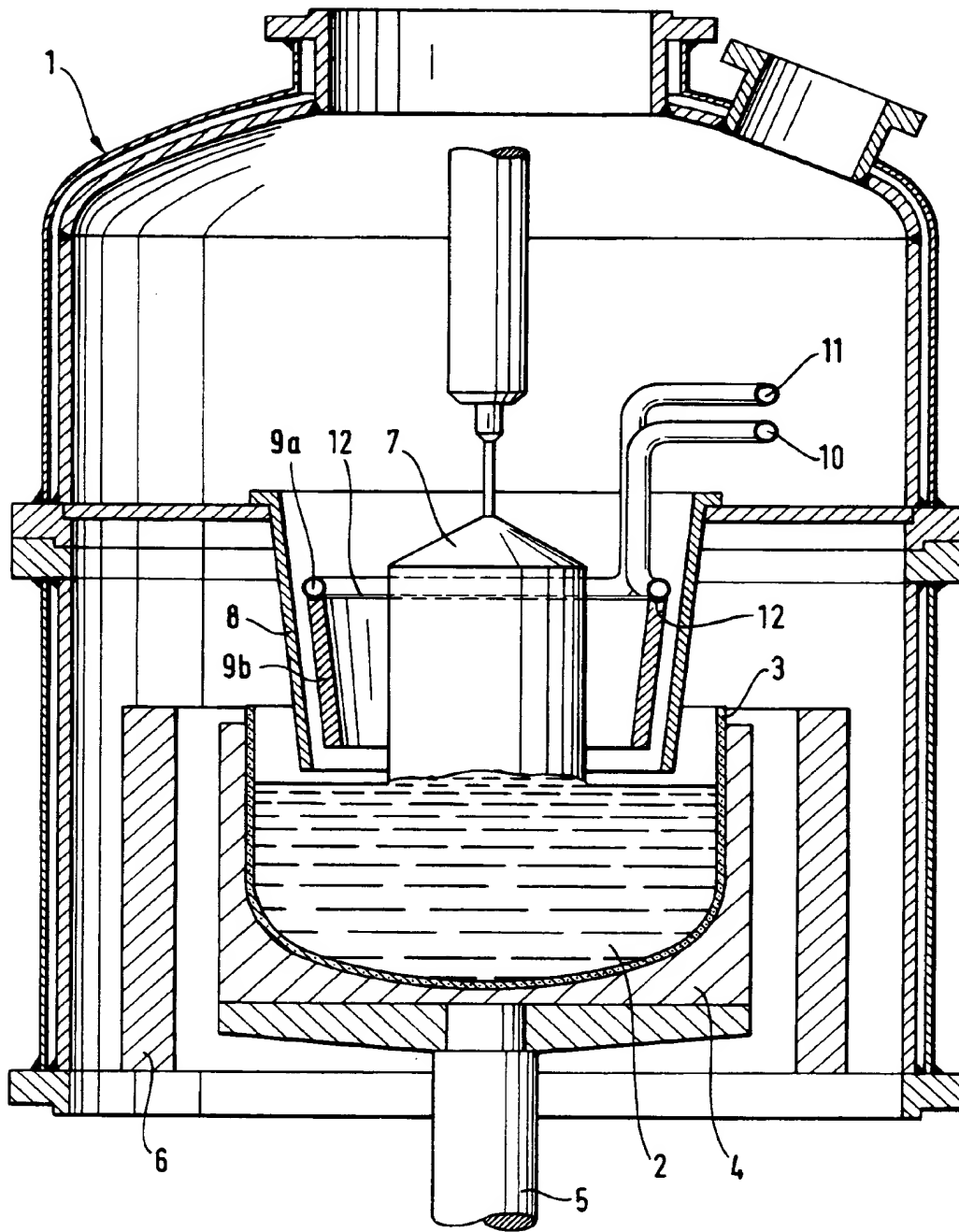
40

45

50

55

4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 10 1379

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US-A-3 265 469 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 9. August 1966 * Spalte 2, Zeile 68 - Spalte 3, Zeile 50; Anspruch 1; Abbildung 1 *	1,3,4	C30B15/14
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 235 (C-366) [2291] ,14. August 1986 & JP-A-61 068389 (SONY CORP.) 8. April 1986, * Zusammenfassung *	1,3	
A	--- DE-A-39 05 626 (MITSUBISHI METAL CORP ; JAPAN SILICON CO (JP)) 31. August 1989 * Seite 3, Zeile 63 - Seite 6, Zeile 32; Abbildungen 6-19 *	1,3	
A	--- EP-A-0 591 525 (KOMATSU DENSHI KINZOKU KK) 13. April 1994 * Spalte 8, Zeile 46 - Spalte 9, Zeile 54; Abbildung 4 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C30B
Rachenort		Prüfer	
DEN HAAG		Flink, E	
Abschlußdatum der Recherche			
9. April 1996			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P/4003)